



1. fejezet

---

# **A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁSRÓL A BIOLÓGIATANÍTÁS TÜKRÉBEN**

---

Nagy Lászlóné  
Bónus Lilla  
Korom Erzsébet

A biológiatanítás alapvető célja a biológiatudomány ismeretanyagának közvetítése, az alapvető fogalmak, tények, elméletek, törvények, modellek megértésen alapuló elsajátítása a tanulókkal. Mindezek mellett napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az elsajátított tartalmi tudás mindennapi szituációkban, különböző kontextusokban való alkalmazásának elősegítése, a gyakorlatias tudás kialakítása olyan feladatokon, problémákon keresztül, amelyek a tanulók személyes tapasztalataihoz, illetve társadalmi vagy globális kérdésekhez kapcsolódnak (Barak, Ben-Chaim, & Zoller, 2007). Ezek a célok, feladatok lehetőséget teremtenek a gondolkodásfejlesztésre is, arra, hogy a biológia-tananyag feldolgozásán keresztül fejlődjön a tanulók természettudományos gondolkodása, valamint a gondolkodás általános, más tantárgyak tanulásában és a mindennapokban is fontos összetevői, mint például az oksági, az analógias, a kritikai és a rendszerszintű gondolkodás, a döntéshozás, a problémamegoldás vagy a kreativitás.

Fontos szempont az is, hogy a biológiatanítás illeszkedjen a tanulók környezetéhez és tapasztalataihoz. Pozitív irányba változtassa a tantárgyi attitűdöt, felkeltse az érdeklődést a biológiai témák iránt (Elo & Kurtén, 2020), és növelje a tanulók elköteleződését, ami több annál, mint az érdeklődés felkeltése (Reiss, 2018). A biológiatanítás feladatai közé tartozik a minden tanuló számára szükséges biológiai műveltség biztosítása mellett a tehetséges tanulók fejlődésének segítése is, a biológiával kapcsolatos pályaeorientáció, karriermotiváció erősítése, egy szilárd kiindulási alap biztosítása a jövő tudósainak, biológiatanárainak képzéséhez.

A biológia gyakorlatorientált tantárgy, tanításában fontos szerepet töltenek be a tanulók által végzett gyakorlati tevékenységek, köztük a különböző laboratóriumi vagy terepi megfigyelések, vizsgálatok, kísérletek, amelyek során a diákok megismerhetik és gyakorolhatják a kutatás különböző módszereit, eljárásait és az ezekhez szükséges eszközök használatát. Lehetőséget kapnak arra, hogy megismerjék, hogyan működik a tudomány, hogyan alakult ki a biológiatudomány ismeretanyaga, és maguk is megtapasztalhassák a kutatás élményét, gyakorolhassák azokat a tevékenységeket, amelyeket a tudósok végeznek a munkájuk során. A gyakorlati tevékenységek által fejlődnek a kognitív képességeik is, csakúgy, mint az önálló tanulásuk, problémamegoldásuk, döntéshozataluk, kritikai gondolkodásuk, felvérteződnek a természettudományos kutatási készségekkel, magabiztossá válnak (Elo & Kurtén, 2020).

A felsorolt célok, feladatok megjelennek a Nemzeti alaptantervben (NAT, 2020) is. A biológiatanítás feladatai között szerepel a kritikai gondolkodás, a problémamegoldás fejlesztése, a tanulók aktív foglalkoztatása, és olyan megismerési módszereknek a gyakoroltatása is, mint a megfigyelés vagy a kísérlet. A vizsgálatok a mikroszkopikus tartománytól kezdve egészen a makroszkopikus méretekig terjednek. Már az általános iskolai szakaszban is feladat, a középiskolában pedig egyre nagyobb hangsúlyt kap a kutatási készségek fejlesztése és a kutatáshoz szükséges alapvető

ismeretek tanítása. Például annak megismertetése a tanulókkal, hogy mit jelent a kutatási kérdés, a hipotézis, a kísérlet, a kísérleti változó vagy a valószínűség fogalma. Elvárt, hogy a tanulók tudjanak kísérleti megfigyeléseket végezni, mérési és statisztikai adatokat megfelelően rögzíteni, rendezni, feldolgozni, és képesek legyenek megfogalmazni az adatokból levonható következtetéseket. Cél, hogy tanári segítséggel, később önállóan is tudjanak hipotézist alkotni, kutatási tervet készíteni, illetve egy adott kísérleti helyzetben megállapítani a függő és a független változókat.

Kötetünkben a biológiatanítás céljai közül elsősorban a gondolkodás fejlesztésére és a tudományos megismerés módszereinek, formáinak elsajátítására, a kutatási készségek fejlesztésére fókuszálunk. Példákat, ötleteket mutatunk e célok megvalósítására, akár különböző tanítási módszerek alkalmazásával is. Ebben a fejezetben a fejlesztés elméleti hátterét foglaljuk össze röviden. Áttekintjük a természettudományos gondolkodás értelmezését, összetevőit, valamint a kötetben tárgyalt gondolkodási képességek biológia tantárgyi tartalmon történő fejlesztésének elméleti alapjait.

## A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS ÉRTELMEZÉSE, ÖSSZETEVŐI

A szakirodalomban a természettudományos gondolkodásnak számos definíciója létezik. A természettudományos műveltség perspektívájából kiindulva a természettudományos gondolkodás azokat a kognitív készségeket jelenti, amelyek a természettudományos információ megértéséhez és értékeléséhez szükségesek. Magában foglalja továbbá azokat a gondolkodási készségeket is, amelyek a kutatáshoz (*inquiry*), a kísérletezéshez, a tapasztalatok, bizonyítékok értékeléséhez, a következtetéshez és az érveléshez szükségesek, és ez által elősegítik a természeti és társadalmi környezetről alkotott tudás kialakulását és fejlődését (Zimmerman, 2007). Mindez összhangban van Kuhn (2002) meghatározásával, amely szerint a természettudományos gondolkodásnak négy fázisa van: (1) a kutatás, (2) az elemzés, (3) a következtetés és (4) az érvelés vagy bizonyítás.

A természettudományos gondolkodás a gondolkodás speciális típusa, amelyet akkor használunk, ha valamilyen természettudományos témáról, jelenségről gondolkodunk, vagy természettudományos vizsgálódásokat végzünk (Nagy, 2010; Nagy, Korom, Pásztor, Veres, & B. Németh, 2015). Ez a megközelítés egyszerre utal a természettudományok által felhalmozott tudás értelmezésére és használatára, valamint a tudomány műveléséhez szükséges gondolkodási folyamatokra, mint például az indukció, dedukció, kísérlettervezés, ok-okozati érvelés, fogalomképzés, hipotézistesztesztelés (Dunbar & Klahr, 2012).

A természettudományos gondolkodás és a természettudományos felfedezés úgy is értelmezhető, mint a problémamegoldás egyik formája, egy adott problémakörben való kutatás (Simon, 1977). Számos kutató a természettudományos gondolkodás egyik legfontosabb tulajdonságának tekinti az elméletek által előre jelzett hipotézisek tesztelését (Dunbar & Klahr, 2012).

## A természettudományos gondolkodáshoz szükséges tudás

A természettudományos gondolkodáshoz ismeret és képesség jellegű tudás egyaránt szükséges. Ez a kétféle tudástípus feltételezi és kiegészíti egymást, fejlesztésük a tanítás során folyamatos feladat.

### Ismeretek

A természettudományos gondolkodáshoz szükséges ismeret jellegű tudás három típusát különböztetik meg: tartalmi (*content knowledge*), procedurális (*procedural knowledge*) és episztemikus (*epistemic knowledge*) (OECD, 2017).

A tartalmi tudás a biológiatanításra vonatkoztatva a biológiatudomány által leírt fogalmak, tények és elméletek ismeretét, megértését jelenti. A biológia-tananyag legnagyobb részét ez az ismeretfajta teszi ki.

A procedurális tudás annak ismerete, hogyan jön létre, honnan származik a biológiatudományban felhalmozott ismeretanyag. Ide tartozik a tudományos kutatás megértéséhez elengedhetetlen fogalmak (pl. hipotézis, változók) és eljárások (pl. megfigyelés, kísérlet, mérés) ismerete, ez teszi lehetővé a tudományos adatok gyűjtésének, elemzésének és értelmezésének megértését. A természettudományos gondolkodáshoz szükséges ismeret jellegű tudás procedurális összetevője tehát arról tájékoztat, hogyan, milyen módszerekkel dolgoznak a kutatók, hogyan születik a tudományos eredmény, illetve azt adja meg, hogy milyen ismeretekkel kell rendelkezünk, ha magunk is tudományos kutatást szeretnénk végezni. Egy kísérleti terv elkészítéséhez szükséges ismerni például a változó fogalmát, a független és a függő változó közötti különbséget, a változók kontrolljának stratégiáját vagy azt, hogy adott tudományos kérdés megválaszolásához melyik a legmegfelelőbb kutatási módszer. Az adatok elemzéséhez és értelmezéséhez szükséges ismerni az adatgyűjtés formáit: mennyiségi (pl. mérések), minőségi (pl. megfigyelések); a skála fogalmát, típusait, a skálák használatát; a mérési bizonytalanság csökkentésének módjait (pl. a mérések megismétlése, a mérési eredmények átlagolása); a megismételhetőség biztosításának mechanizmusait; az adatok absztrahálásának, reprezentálásának módjait (pl. táblázatok, grafikonok, diagramok) (OECD, 2017).

Az episztemikus tudás annak ismerete, hogy a tudományos tevékenységben miért van szükség az alkalmazott eljárásokra. Ez az ismerettípus a tudomány természetének



és a tudományos tudás eredetének megértésére vonatkozó ismeretelméleti tudás. Szükséges az észlelés, a tények, a hipotézisek, a modellek és az elméletek közötti különbség megértéséhez, valamint annak felismeréséhez, hogy a tudományban bizonyos eljárások, például a kísérletek miért játszanak központi szerepet a tudás létrehozásában és igazolásában. Az episztemikus tudáshoz tartozik például a tudományos megfigyelések, tények, hipotézisek, modellek és elméletek természete; annak ismerete, hogyan támasztják alá az adatok, bizonyítékok a tudományos állításokat; mi a tudományos hipotézis funkciója; mi a szerepe a modellek használatának a kutatásban; hogyan befolyásolja a mérési hiba a tudományos ismeretek iránti bizalom mértékét; milyen szerepet játszik a szakmai együttműködés, a kritika és a szakértői értékelés a tudományos állításokba vetett bizalom fenntartásában (OECD, 2019). Az episztemikus tudás értelmezése és fejlesztése a tudományos kutatással összefüggésben jelenik meg a szakirodalomban és a tantervi dokumentumokban; elsősorban a tudomány természete (*Nature of Science* – NOS), illetve a tudományos tudás természete (*Nature of Scientific Knowledge* – NOSK) kifejezésekhez kötődve (Lederman, 2019).

Osborne (2013) a 2006-os PISA-vizsgálat nyilvánosságra hozott feladatainak egyikével mutatja be, hogyan lehet mérni ezt a háromféle tudást. A feladat több részből áll, az 1. ábrán a feladat első két kérdése látható.

## KENYÉRTÉSZTA



Kenyértészta készítésekor a pékek lisztet, vizet, sót és élesztőt kevernek össze. Keverés után néhány órára egy edénybe teszik a tésztát, és hagyják megkelni. Az erjedés alatt kémiai folyamatok történnek a tésztában: az élesztő (egysejtű gomba) a lisztben lévő keményítőt és cukrot szén-dioxiddá és alkohollá alakítja.

### 1. kérdés: Kenyértészta

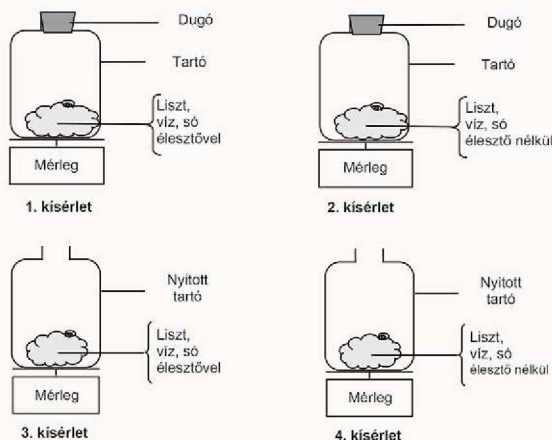
S505Q01

Az erjedés hatására a tészta megkel. Miért kel meg a tészta?

- A A tészta megkel, mert alkohol keletkezik, és az gázzá válik.
- B A tészta megkel, mert az egysejtű gombák szaporodnak.
- C A tészta megkel, mert szén-dioxid gáz keletkezik.
- D A tészta megkel, mert az erjedés során a víz gőzzé válik.

Néhány órával az összekeverés után a pék megméri a tésztát, és azt találja, hogy annak tömege csökkent.

Az alábbiakban bemutatott négy kísérlet kezdetén a tészta tömege azonos. Melyik az a két kísérlet, amelyeket a péknek össze kellene hasonlítania, ha azt akarja vizsgálni, vajon az élesztő-e a tömegvesztés oka?



- A A péknek az 1. és a 2. kísérletet kellene összehasonlítania.  
 B A péknek az 1. és a 3. kísérletet kellene összehasonlítania.  
 C A péknek a 2. és a 4. kísérletet kellene összehasonlítania.  
 D A péknek a 3. és a 4. kísérletet kellene összehasonlítania.

1. ábra Példa a 2006-os PISA-vizsgálatból a tartalmi, a procedurális és az episztemikus tudás értékelésére (OECD, 2006, pp. 72–75, idézi Osborne, 2013, p. 276)<sup>1</sup>

### A feladat megoldásához szükséges

- tartalmi tudás: az élesztő egy élőlény, és olyan enzimeket tartalmaz, amelyek lebontják a szénhidrátokat, miközben szén-dioxid-gáz keletkezik, amelynek van tömege;
- procedurális tudás: egy kísérlet eredményei csak akkor értelmezhetők, ha az összes változót kontrolláljuk és csak egyet változtatunk;
- episztemikus tudás: annak indoklása, hogy miért a 3. és a 4. kísérlet igazolja azt az állítást, hogy az élesztő okozza a tömeg csökkenését (Osborne, 2013).

### Készségek, képességek

A természettudományos gondolkodáshoz az általános gondolkodási készségek, képességek mellett szükség van a természettudományos kutatás készségeire és számos esetben a matematikai készségek használatára is (Biggs, Hagins, Kapicka, Lundgren, Rillero, Tallman, & Zike, 2004).

<sup>1</sup> Az ábra az Oktatási Hivatal által közzétett magyar nyelvű változat alapján készült: [https://www.oktatasi.hu/pub\\_bin/download/kozoktatasi/nemzetkozi\\_meresekek/pisa/peldafeladatok/PISA\\_peldafeladatok\\_Termeszettudomany\\_2006.pdf](https://www.oktatasi.hu/pub_bin/download/kozoktatasi/nemzetkozi_meresekek/pisa/peldafeladatok/PISA_peldafeladatok_Termeszettudomany_2006.pdf)

Az általános gondolkodás készségei, képességei komplexitásuk alapján két csoportba sorolhatók. Az alacsonyabb rendű gondolkodás (*lower order thinking*) készségei egyszerűbbek, működésük leírható egy algoritmussal, meghatározott lépések sorozatával. Ide tartozik például a megmaradás, a sorba rendezés, az osztályozás, a kombinatív gondolkodás, az arányossági gondolkodás, a korrelatív gondolkodás és a valószínűségi gondolkodás (Adey & Csapó, 2012). A magasabb rendű gondolkodás (*higher order thinking*) a gondolkodásnak a nem-algoritmikus, komplex módja, ami gyakran több megoldáshoz vezet (Resnick, 1987). Egy gyűjtőfogalom, amely a gondolkodás különböző formáit tartalmazza: kritikai gondolkodás, deduktív gondolkodás, induktív gondolkodás, analógiás gondolkodás, rendszerszintű gondolkodás, döntéshozás, problémamegoldás és kreativitás (Adey & Csapó, 2012; Barak, Ben-Chaim, & Zoller, 2007).

A kutatási készségeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Ezekon kívül a laboratóriumi kutatás kivitelezéséhez szükséges a laboratóriumi anyagok, eszközök, technikák biztonságos, balesetmentes használata. A tantermi vagy terepi megfigyelésekhez, vizsgálatokhoz pedig a különböző eszközök, vizsgálati módszerek és eljárások alkalmazásának elsajátítása.

1. táblázat Kutatási készségek (Wenning, 2007 alapján)

Kutatási készségek
A vizsgálandó probléma azonosítása
Hipotézis megalkotása
Kísérlet tervezése a hipotézis ellenőrzésére
Tudományos kísérlet végzése
Adatgyűjtés, adatok rendszerezése és elemzése
Következtetés és érvelés

Az adatgyűjtéshez és az adatok elemzéséhez szükséges matematikai készségek közé tartozik például az SI-mértékegységek használata, a hőmérsékleti skálák (Fahrenheit – Celsius – Kelvin) közötti váltás, a mikroszkóp nagyításának kiszámítása, illetve grafikonok készítése a változók közötti összefüggések bemutatására.

## A TUDOMÁNYOS KUTATÁS JELLEMZŐI

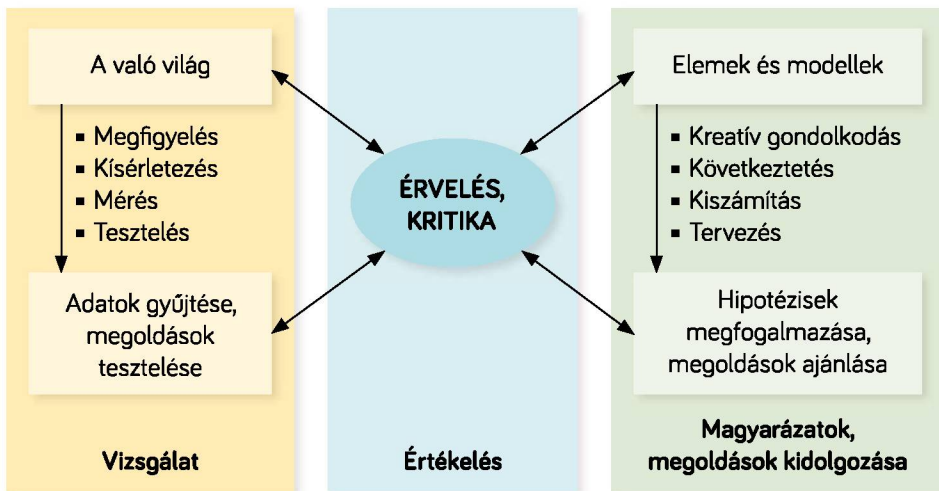
A természettudományos gondolkodás tudatos fejlesztéséhez fontos ismerni a tudományos kutatás legfontosabb jellemzőit. Ebben a részben erről adunk egy rövid áttekintést.

## Folyamata, tevékenységei

Kuhn (2002) értelmezésében a kutatás az a folyamat, amely magában foglalja a tudományos módszert, része a probléma fő gondolatának megtalálása, a probléma megfogalmazása, a hipotézis megtervezése és a probléma megoldása. Egy olyan tevékenység és eszköz, amely segítségével megismerjük a világot. A tudományos tevékenység többféle lehet (2. ábra), de alapvetően három kérdésre próbál választ adni (Osborne, 2011):

1. Milyen az anyagi világ? (ontológiai kérdés)
2. Hogyan magyarázhatjuk meg, amit megfigyeltünk? (okozati kérdés)
3. Honnan tudjuk (amit tudunk), vagy hogyan lehetünk benne biztosak? (episztemikus kérdés)

Az első kérdés megválaszolása három folyamatot, a kutatás három fázisát öleli fel: hipotézisalkotás, kísérletezés, eredmények értékelése. A cél tehát a hipotézisek megfogalmazása, az adatok előállítása a hipotézisek tesztelésére, valamint a bizonyítékok értékelése és összerendezése a következtetések levonásához. A második kérdés megválaszolásához kapcsolódó tevékenységet az ábra jobb oldala, míg a harmadik kérdéshez kötődőt az ábra bal oldala jeleníti meg (Osborne, 2013).



**2. ábra** A természettudományos tevékenységek modellje (National Research Council, 2012, p. 45; Osborne, 2013, p. 270)

A 2. ábra részletesebb elemzése segít megérteni azt, hogyan dolgoznak a tudósok és a mérnökök. Az első területen (az ábra bal oldala) a domináns tevékenység a vizsgálat és az empirikus kutatás. Ennek keretében a tudósok meghatározzák, hogy mi szükséges az adatgyűjtéshez. Kidolgozzák az adatgyűjtés



módszereit, megtervezik a megfigyelést, a mérést és a kísérleteket, elkészítik az eszközöket, majd megvalósítják a tervezett tevékenységeket. A második területen (az ábra jobb oldala) a munka lényege a magyarázatok vagy tervek megalkotása, használva az érvelő gondolkodást, a kreativitást és a modelleket. A tudósok és a mérnökök a modelljeiket – beleértve a vázlatokat, a diagramokat, a matematikai összefüggéseket, szimulációkat és a fizikai modelleket – használva jósolják meg egy rendszer valószínű viselkedését, amit az összegyűjtött adatok révén majd értékelnek. El is térhetnek az elméletektől, modellektől, és javasolhatnak kiterjesztéseket az elmélethez, vagy új modelleket is alkothatnak, amelyek új kutatási kérdésekhez, új hipotézisekhez és vizsgálatokhoz vezetnek. A harmadik területen (az ábra középső része) az elképzeléseknek, modelleknek és magyarázatoknak a bizonyítékokhoz való illesztése, vagy a létrehozott tervek alkalmasságának elemzése, megvitatása és értékelése történik. Ez egy interaktív folyamat, ami a kutatás minden lépésekor megismétlődik, és megköveteli a kritikai gondolkodást. A domináns tevékenység tehát ezen a területen az érvelés és a kritika, ami gyakran vezet további kísérletekhez és megfigyelésekhez, illetve változtatásokhoz a javasolt modellekben, magyarázatokban vagy tervekben. A tudósok és a mérnökök a bizonyítékokra alapozott érvelést használják az álláspontjuk igazolására (pl. új elméletek, tervek, az adatgyűjtés új útjai, a bizonyítékok interpretációja). Törekednek arra, hogy azonosítsák az érvelés gyengeségeit és korlátait is. A tudósok és a mérnökök könnyedén és interaktívan mozognak a három tevékenységterület között, és gyakran olyan kutatási feladatokat végeznek, amelyek két vagy akár mind a három eljárást egyszerre magukban foglalják (National Research Council, 2012).

## Néhány, kutatással kapcsolatos fogalom

A tudományos kutatással kapcsolatos alapvető fogalmak és a közöttük lévő különbségek, illetve kapcsolatok megértése elengedhetetlen a tudósok munkájának megbecsüléséhez és értékeléséhez, de a biológia tanításához, a természettudományos gondolkodás iskolai fejlesztéséhez is szükséges.

### Tény, törvény, elmélet

A tény tudományos értelemben olyan, tudományos kutatással alátámasztott eredmény, amelyet független tudósok vizsgálatai többször megerősítettek és a szakmai közösség elfogadott. Minden tudományos ismeret tényekre épül. Téves viszont az az elképzelés, hogy a tények folyamatosan beépülnek az elméletekbe, majd az elméletek a törvényekbe. Ez egy hamis hierarchiát feltételez a három fogalom között, és azt sugallja, hogy a törvények értékesebbek,

hitelesebbek, mint az elméletek. Ezért fontos definiálni, mit értünk törvény és elmélet alatt (McComas, 2003).

A törvények leíró megállapítások a megfigyelhető jelenségek közötti kapcsolatokról (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002). A tudományos törvény (*scientific law*) alapelv, általánosítás, szabályszerűség vagy szabály, amely univerzálisan igaz a meghatározott, rögzített érvényességi körben. A törvényeket a tényekből fejlesztik ki, és gyakran matematikai összefüggéseket tartalmaznak. Megmagyarázzák, valamint megjósolják az egyes eseményeket vagy eseteket. Például a gravitációs törvény megjósolja a két objektum közötti vonzóerőt, figyelembe véve a tárgyak tömegét és a köztük lévő távolságokat. Az, hogy a törvényeknek matematikai összefüggéseket kell tartalmazniuk, nem szigorú követelmény (McComas, 2003), a biológiai törvények gyakran nem matematikai formában jelennek meg. A tudományos törvény jellemzőit McComas (2003) alapján a 2. táblázat foglalja össze.

**2. táblázat** A tudományos törvény jellemzői (McComas, 2003, p. 6)

1. Hipotetiko-deduktív teszteléssel validált.
2. Tényekkel, kísérletekkel és megfigyelésekkel alátámasztott.
3. Az ok-okozati összefüggéseket általánosan kapcsolja össze.
4. Megmagyarázza bizonyos egyedi esetek előfordulását.
5. Előre jelezheti egy összefüggés jövőbeli előfordulását és bekövetkezését.
6. Általában felfedezettnek, nem pedig feltaláltnak tekintik.

A tudományos elméletek (*scientific theories*) jól megalapozott, ellentmondásmentes magyarázatok rendszerei (Suppe, 1977). Megfigyelhető jelenségekből, az azokban megmutatkozó szabályszerűségekből levont következtetések (Lederman et al., 2002). A beágyazott elméletek (*embedded theories*) olyan elméletek, amelyeket sok meggyőző bizonyíték támaszt alá, és amelyek központi szerepet játszanak abban, ahogyan a tudósok értelmezik a világot (Eastwell, 2014). Az elméletek tényeket, törvényeket, következtetéseket és tesztelt hipotéziseket tartalmazhatnak, és gyakran generálhatnak további tesztelhető hipotéziseket, illetve előrejelzéseket. Például az evolúciós elmélet egy átfogó magyarázat, amely sokféle tényt integrál különböző tudományterületekről, ezért rendkívül sikeresnek bizonyult a megfigyelt jelenségek magyarázatában, és lehetővé tette a tudósok számára, hogy a meglévő adatok alapján előrejelzéseket tegyenek. A tudományos elmélet jellemzőit a 3. táblázat foglalja össze.

**3. táblázat** A tudományos elmélet jellemzői (McComas, 2003, p. 7)

1. Hipotetiko-deduktív teszteléssel validált.
2. Tényekkel, kísérletekkel és megfigyelésekkel alátámasztott.
3. Átfogó, széles körű és egységesítő állítások rendszere.
4. Magyarázza a természeti jelenségeket (események, megfigyelések, összefüggések) vagy törvényeket.
5. Előre jelzi a jövőbeli tapasztalatokat.
6. Általában feltaláltnak, nem pedig felfedezettnek tekintik.

A törvények és elméletek egyaránt a tudomány termékei és eszközei, megkülönböztetett eredetük és szerepük van. A törvénynek a McComas (2003) által megadott meghatározása ismeretelméleti alapokon nyugszik, a realizmus azon állításán, hogy létezik egy külső világ, amely bizonyos mértékig megismerhető kutatással és teszteléssel. Ez az állítás magyarázza azt, hogy a törvényeket inkább felfedezik, felkutatják, mintsem feltalálják, kitalálják. A törvények megmagyaráznak példákat, de nem kielégítő módon, míg az elméletek sokkal tágabban magyaráznak. Az elméletek tényekből, törvényekből és következtetésekből építkező érvek a jelenségek magyarázatára, nem csupán a jelenségek leírására, ezért azokat a kutatás olyan termékeinek tekintik, amelyek inkább az alkotáshoz, feltaláláshoz, nem pedig a felfedezéshez kapcsolódnak. Mind a tudományos törvények, mind az elméletek változhatnak.

### Változók

A változó általában valamilyen meghatározható, mérhető tulajdonság vagy mennyiség. A kísérlet során manipulált, változtatott tényezők a független változók, míg a függő változók azok, amelyekre a független változók hatnak. Állandónak azokat a változókat nevezzük, amelyek értékét a kísérlet során nem változtatjuk. Konkrét példával bemutatva: ha a tulipán lepellegeinek állását vizsgáljuk a hőmérséklet függvényében, azaz kíváncsiak vagyunk arra, hogyan hat a levegő hőmérsékletének változása a lepellegek állására, akkor például a fény mennyisége vagy a tulipán fajtája a kísérlet alatt nem változtatott változók, azaz állandók. A kísérlet során változtatott hőmérséklet a független változó. A hőmérséklet hatására a lepellegek helyzetében bekövetkező változás pedig a függő változó (l. 5. fejezet).

A változók kontrollja (*Control of Variables* – COV) a kísérleti beállítások tudományos kezelését, manipulálását jelenti, miközben a kutatók az adatokat összegyűjtik egy hipotézis tesztelésére. A kutatás szinte minden fázisában (a hipotézis



megfogalmazása és tesztelése, kísérlettervezés és értékelés, adatelemzés és döntéshozatal) fontos szerepet játszik (Zhou, Han, Koenig, Raplinger, Pi, Li, Xiao, Fu, & Bao, 2016). A változók kontrollja stratégia (*Control of Variables Strategy* – CVS) egy alapelv, amely szerint a kísérletben kapott adatokból csak akkor vonhatók le oksági következtetések, ha a kísérlet során egyszerre csak egy változót változtattunk. A CVS megértése az oksági hipotézisek létrehozásához és teszteléséhez, azaz a meggyőző és érvényes kísérletek kidolgozásához, valamint a kísérletek eredményeinek kritikus értékeléséhez egyaránt szükséges (Zimmerman, 2007).

## Hipotézis

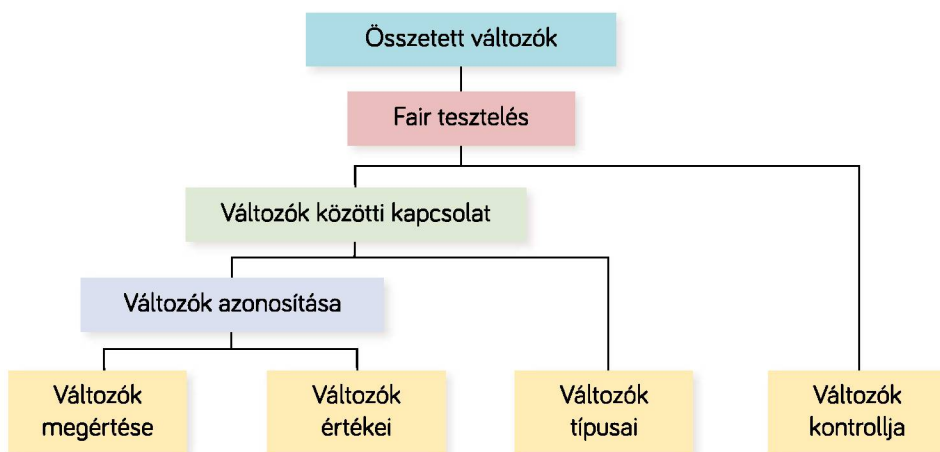
A tudományban a hipotézis egy tesztelhető kijelentés vagy előzetes, javasolt magyarázat a világról, amelyet fel lehet használni bonyolultabb következtetések és magyarázatok megalkotására (Chalmers, 1999). A hipotézis forrása lehet tapasztalat, megfigyelés, ténymegállapítás vagy egy alapelv, modell. Az előbbi esetben induktív általánosításról, az utóbbiban pedig deduktív következtetésről beszélünk (Nagy et al., 2015). Fontos megjegyezni, hogy a hipotézis nem előrejelzés, az előrejelzés vagy predikció a hipotézisből származik. Mivel a hipotézis mérhető vagy megfigyelhető jelenségeken alapul, a tudósok az adatok összegyűjtésével tesztelhetik. Az összegyűjtött bizonyítékok alapján a hipotézis elfogadható vagy elutasítható, és új, pontosabb hipotézis alakítható ki. Ha egy hipotézist alátámasztanak a bizonyítékok, a hipotézis hozzájárulhat az összetettebb magyarázatokhoz, ideértve az elméleteket is. Ha a rendelkezésre álló bizonyítékok nem támasztják alá a hipotézist, akkor a hipotézist el lehet utasítani, módosítani vagy további teszteknek alávetni.

## A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS FEJLESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI A BIOLÓGIAÓRÁN

Hodson (2014) a természettudományos nevelés négy különböző megközelítését írta le: (1) a tudomány tanulása (*learning science*), (2) a tudományról való tanulás (*learning about science*), (3) a tudomány művelése (*doing science*) és (4) társadalomtudományi kérdések kezelése (*addressing socioscientific issues*). A biológiai tanításban mindegyik terület megjelenik. A legnagyobb hangsúly a biológiai tudomány által létrehozott tudás megismertetésén van, de ahogyan a fejezet bevezetőjében is utaltunk rá, egyre fontosabbá válik a tudomány működésének, a tudományos tudás keletkezésének megismerése is. Ha mindezek mellett a tanulók arra is lehetőséget kapnak, hogy tudományos kutatással és problémamegoldással foglalkozzanak, fejlődik a gondolkodásuk, és ez által képesek lesznek bizonyítékok értékelésére és döntéshozatalra a biológiai tudománnyal összefüggő környezeti, társadalmi és etikai kérdésekben.



A természettudományos gondolkodás fejlődése – hasonlóan más gondolkodási képességekhez – lassú, éveken át tartó folyamat, amelynek során fokozatosan alakulnak ki az egymással összefüggő, egymásra épülő tudáselemek. A fejlődés lépéseit, fokozatait a változók kontrollja készség példáján mutatjuk be Rohaida Mohd Saat (2004) munkája alapján. A 3. ábrán látható, hogy a változók kontrollja készség komponensei hierarchikusan épülnek egymásra. Az elsajátítás kiindulási alapját a változó fogalmának és annak megértése jelenti, hogy a változónak értékei vannak, azaz a változó változhat, különböző értékeket vehet fel. A következő szinten a tanuló képes azonosítani a változókat egy rendszeren belül, és egy kísérleti elrendezésben meg tudja különböztetni a függő, a független és a kontrollált (állandó értéken tartott) változókat. Az ezt követő szint a független és a függő változók közötti kapcsolatok azonosítása. Amint a tanuló képes azonosítani a kapcsolatot, lehetővé válik az is, hogy kontrollálja a változókat egy adott rendszerben. Amikor ezt eléri, képes lesz arra, hogy korrekt (fair) kísérletet tervezzen egy vizsgált tényező hatásának meghatározására. A legmagasabb szintet az összetett változók, a többváltozós rendszerek jelentik, ahol több függő és több független változó együttes kezelésére van szükség.



3. ábra A változók kontrollja készség fejlődésének hierarchikus modellje (Rohaida Mohd Saat, 2004, p. 26)

A gondolkodás fejlődését segíti, ha a tanulók a természettudományos tantárgyak, így a biológia tanulása során is lehetőséget kapnak arra, hogy rendszeres, jól strukturált, a pedagógus által tudatosan irányított foglalkozásokon maguk építsék fel tudásukat (Adey & Csapó, 2012). A kötetben a gondolkodási képességek közül néhány, a biológia ismeretanyagának feldolgozásához, megértéséhez és a természettudományos kutatáshoz is elengedhetetlen gondolkodási képességet emelünk ki: az analógiás, a valószínűségi és a kritikai gondolkodást, és ajánlunk módszereket, feladatokat azok fejlesztéséhez.

Az analógiák segítségével képezünk hidat a között, amit már ismerünk, és amit meg akarunk magyarázni, érteni vagy felfedezni. Az analógiák fontos szerepet játszanak a tudományos felfedezésekben is (Dunbar & Klahr, 2012). Az analógiás gondolkodás már kisiskoláskortól eredményesen fejleszthető figurális, képi, illetve szóanalógiákkal (I. 2. fejezet). A valószínűségi gondolkodás fejlesztésére olyan feladatok alkalmasak, amelyek a tanulók számára releváns problémát, kérdést érintenek, és megoldásukhoz szükséges a valószínűséggel kapcsolatos fogalmak, műveletek használata (I. 4. fejezet). A társas interakcióra építő vita, specifikusabban a disputa módszerével hatékonyan fejleszthető a tanulók kritikai gondolkodása, döntéshozó és érvelő képessége. Ez a módszer inkább a középiskolások kognitív fejlettségi szintjéhez igazodik, de a vita témájának megfelelő megválasztásával és egyszerűbb formáinak alkalmazásával korábban, általános iskolában is bevezethető (I. 3. fejezet).

A kötetben módszereket, példákat mutatunk be arra is, hogyan lehet fejleszteni a természettudományos gondolkodást a tudományos kutatás megismerésén és gyakorlásán keresztül. A kutatási készségek fejlesztésének több haszna is van. Miközben ezt a tevékenységet végzik a tanulók, megértik a biológiai fogalmakat, használják a gondolkodási műveleteket, megismerik a biológiatudomány kutatási módszereit, elsajátítják a labortechnikákat, valamint formálódik a kutatás és a tudomány iránti attitűdjük is. A korábban elterjedt recepttípusú laboratóriumi munka (ahol a tanulók leírás alapján végrehajtanak egy vizsgálatot, kísérletet) bár számos funkcióval bír a tanításban (pl. eszközök megismerése és használata, szemléltetés), kevésbé alkalmas a gondolkodásfejlesztésre, és a tudomány működéséről is torz képet alakíthat ki. Ezek a kísérletek bemutatnak egy jelenséget vagy egy folyamatot, és közben azt sugallhatják a kutatásról, mintha az egy rögzített, algoritmikus folyamat lenne, amelyben a sikeres eredmény gyakorlatilag garantált, ha a részfolyamatokat helyesen hajtjuk végre (Elo & Kurtén, 2020). Érdemes ezért a tanítás során megmutatni (pl. tudománytörténeti kutatások elemzése, saját kutatások végzése), hogy a természettudományos kutatáshoz tudományos módszerekre és eszközökre van szükség. A kutatás szakaszokra bontható, de ez nem jelenti azt, hogy a kutatás lépéseinek egyetlen szigorú sorrendje van, hiszen a különböző tudományterületek különböző megismerési utakat képviselhetnek (Bybee, 2006; Lederman, 2006).

A kutatásalapú tanítás nagy hangsúlyt helyez a kérdésfelvetésre, hipotézisalkotásra, vizsgálattervezésre, a változók azonosítására és a változók kontrollja stratégia felismerésére. A kutatásalapú tevékenységek révén a tanulók gyakorolják a megfigyelést, a kísérletezést, az adatgyűjtést, az eredmények önálló feldolgozását, értelmezését (I. 5. fejezet). Fontos kiemelni, hogy a kutatásalapú tanulás akkor lesz igazán

eredményes, ha a tanulókkal értelmezzük a kutatási tevékenységet, és magyarázatokon, példákon keresztül explicitté tesszük számukra a kutatáshoz szükséges alapvető procedurális és episztemikus tudást.

A kutatási készségek fejleszthetők a problémaalapú tanulással is, amely során a tanulók realisztikus, számukra releváns problémákká szervezett formában dolgozzák fel a tananyagot, szemben a biológiatudomány logikáját követő, de a tanulók számára esetleg túl absztrakt tananyagszervezéssel (l. 6. fejezet). A komplex problémák feldolgozása nemcsak komolyabb kihívást jelent, de nagyobb motiváló hatással is bírhat. Az egyéni projektek lehetőséget kínálnak az elmélyültebb önálló tanulásra, míg a csoportprojektek fejlesztik a kommunikáció és a csoportos problémamegoldás készségeit is (Adey & Csapó, 2012). A tananyagnak a játék módszerével, illetve a játékalapú tanulással történő tanítása többletmotivációt biztosít a tartalom megértéséhez és a készségek fejlődéhez szükséges gyakorláshoz egyaránt, főleg a fiatalabb gyermekek körében (l. 7. fejezet).

## IRODALOM

- Adey, P., & Csapó, B. (2012). A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In B. Csapó & G. Szabó (Eds.), *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez* (pp. 17–58). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Barak, M., Ben-Chaim, D., & Zoller, U. (2007). Purposely Teaching for the Promotion of Higher-order Thinking Skills: A Case of Critical Thinking. *Research in Science Education*, 37(4), 353–369.
- Biggs, A., Hagins, W. C., Kapicka, C., Lundgren, L., Rillero, P., Tallman, K. G., & Zike, D. (2004). *Teacher Wraparound Edition Glencoe Science. Biology. The Dynamics of Life*. United States of America: National Geographic Society.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. In F. Lawrence & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (pp. 1–15). Dordrecht: Springer.
- Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd ed.). Buckingham: Open University Press.
- Dunbar, K. N., & Klahr, D. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. In K. J. Holyoak, R. G. Morrison, & F. Lawrence (Eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 1–52). New York: Oxford University Press.
- Eastwell, P. (2014). Understanding Hypotheses, Predictions, Laws, and Theories. *Science Education Review*, 13(1), 16–21.
- Elo, J., & Kurtén, B. (2020). Exploring points of contact between enterprise education and open-ended investigations in science education. *Education Inquiry*, 11(1), 18–35.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534–2553.
- Kuhn, D. (2002). What is Scientific Thinking and How Does it Develop? In U. Goswami (Ed.), *Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (pp. 371–393). Oxford: Blackwell Publishers Ltd.
- Lederman, C. N. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In F. Lawrence & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (pp. 1–15). Dordrecht: Springer.

- Lederman, C. N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lederman, G. N. (2019). Contextualizing the Relationship Between Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry. *Science and Education*, 28(7), 249–267.
- McComas, W. F. (2003). A Textbook Case of the Nature of Science: Laws and Theories in the Science of Biology. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 141–155.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nagy, L. (2010). A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 20(12), 31–51.
- Nagy, L., Korom, E., Pásztor, A., Veres, G., & B. Németh, M. (2015). A természettudományos gondolkodás online diagnosztikus értékelése. In B. Csapó, E. Korom, & Gy. Molnár (Eds.), *A természettudományi tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei* (pp. 87–113). Budapest: Oktáskutató és Fejlesztő Intézet.
- NAT (2020). Nemzeti alaptanterv. *Magyar Közlöny*, 17, 290–446.
- OECD (2006). *PISA Released items – Science*. <https://www.oecd.org/pisa/38709385.pdf>
- OECD (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J. (2011). Science teaching methods: A rationale for practices. *School Science Review*, 93(343), 93–103.
- Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 265–279.
- Reiss, M. (2018). Biology Education: The Value of Taking Student Concerns Seriously. *Education Sciences*, 8, 130.
- Resnick, L. (1987). *Education and learning to think*. Washington, DC: National Academy.
- Rohaida Mohd Saat (2004). The acquisition of integrated science process skills in a web-based learning environment. *Research in Science & Technological Education*, 22(1), 23–40.
- Simon, H. A. (1977). *Models of discovery*. Dordrecht, Netherlands: D. Riedel Publishing.
- Suppe, F. (1977). *The structure of scientific theories* (2nd ed.). Chicago: University of Illinois Press.
- Wenning, C. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 4(2), 21–24.
- Zhou, S., Han, J., Koenig, K., Raplinger, A., Pi, Y., Li, D., Xiao, H., Fu, Z., & Bao, L. (2016). Assessment of scientific reasoning: The effects of task context, data, and design on student reasoning in control of variables. *Thinking Skills and Creativity*, 19, 175–187.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223.